

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ С СИНУСОИДАЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ

В.А. ДАНИЛОВ, А.А. ДАНИЛОВ

**Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь**

Рассмотрены схемы обработки поверхностей с синусоидальным профилем, реализуемые на универсальных станках без их модернизации, основанные на оптимизации структуры исполнительных движений, исключении реверсивных движений инструмента и перенесении на него функции кинематики формообразования.

В машинах, механизмах и технологической оснастке все более широко применяются профильные моментопередающие соединения, обладающие по сравнению со шлицевыми соединениями существенными эксплуатационными и технологическими преимуществами. В неподвижных соединениях обычно применяются поверхности с равноосным РК-3 профилем (DIN 32711-79), обрабатываемые на специальных станках или на модернизированных универсальных станках, оснащенных соответствующими механизмами-построителями [1]. Более технологичным является синусоидальный С-3 профиль, имеющий с РК-3 профилем при одинаковом диаметре вписанной окружности 6 общих точек. Возможность обработки поверхностей с С-3 профилем на универсальных станках без их модернизации обуславливает целесообразность применения таких поверхностей в отечественном машиностроении и актуальность совершенствования технологий их формообразования.

По классической схеме некруглого точения профиль поверхности формируется при сообщении заготовке 1 (рисунок 1, а) вращения B_1 , а резцу возвратно-поступательного (реверсивного) движения O_2 , т.е. движением формообразования $\Phi_v(B_1 O_2)$. При этом частота возвратно-поступательного движения O_2 узла станка, несущего резец, в m раз больше частоты вращения заготовки, где m – количество выступов профиля некруглой поверхности, в результате чего создаются знакопеременные инерционные нагрузки, отрицательно влияющие на производительность и точность обработки.

При гармоническом законе движения O_2 формируется синусоидальный профиль, уравнение которого $\rho = r + l(1 - \cos m\varphi)$ (1), где r – радиус вписанной в профиль окружности; $l = 0,5 h$; h – высота выступов профиля; φ – угол поворота заготовки.

Гармонический закон перемещения резца обеспечивается на специальных и модернизированных универсальных станках кривошипно-шатунным или кулачковым механизмом-построителем [2].

Предпочтительна схема профилирования кулачковым механизмом, т.к. она реализуется на токарно-затыловочном станке, например на станке модели 1Б811, без его модернизации при замене кулачка затылования кулачком профилирования синусоидальной поверхности.

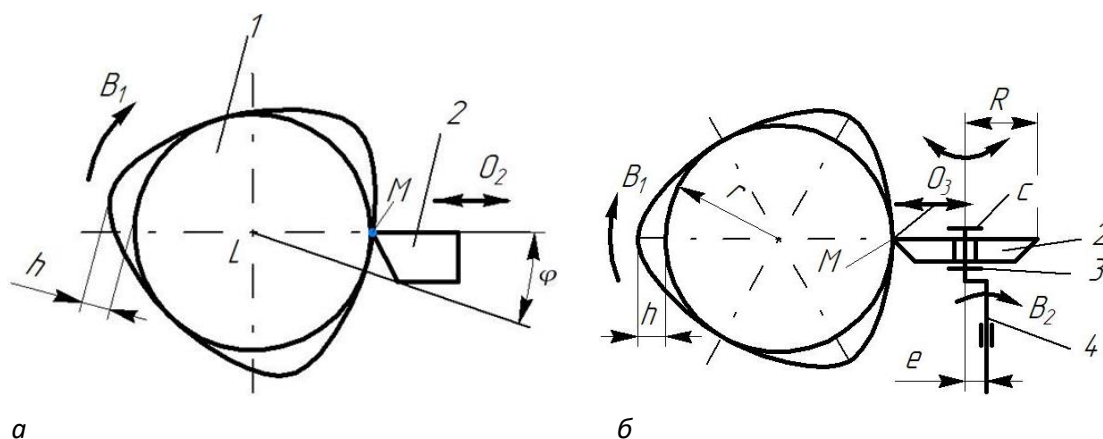


Рисунок 1. – Схемы формирования некруглого профиля при точении призматическим резцом (а) и круглым резцом (б)

Схема некругового точения обеспечивает относительно низкую технологическую производительность, так как из-за значительных инерционных нагрузок в обрабатывающей системе станка допустимая частота вращения заготовки не превышает 100 мин^{-1} . Поэтому предпочтительны схемы формирования синусоидального профиля без реверсивного движения инструмента.

Возвратно-поступательное движение исключается при его замене вращательным движением инструмента с криволинейной замкнутой режущей кромкой, т.е. путем перенесения на него функции кинематики формообразования. Технически просто это достигается при применении круглого резца, установленного эксцентрично относительно оси его вращения [2]. В результате согласованных вращательных движений резца и заготовки с отношением их частот, равным числу m выступов формируется синусоидальный профиль, описываемый уравнением (1), где в данном случае l – эксцентриситет установки круглого резца.

Эта схема обработки реализуется на шлицефрезерных станках без модернизации [3]. Ее недостатком является высокое значение скорости результирующего движения резания, поскольку она включает окружную скорость режущей кромки резца, что отрицательно влияет на условия резания и снижает стойкость инструмента. Этот недостаток устранен в схеме обработки (рис. 1, б) [4]. Обработка осуществляется круглым резцом 2 радиусом R . Центр C его режущей кромки совмещен с осью 3, совпадающей с геометрической осью этого резца. Он установлен на оси 3 с возможностью свободного вращения, при этом ось 3 жестко связана с параллельной ей осью 4 и отстоит от нее на расстояние e , в 2 раза меньшее высоты выступа h .

В процессе обработки оси 4 сообщают вращение B_2 с частотой n_2 , согласованное с вращением B_1 заготовки, при этом отношение частот n_2 и n_1 вращательных движений B_2 и B_1 задают равным числу m выступов формируемого профиля: $n_2/n_1 = m$ при обработке поверхности с прямыми выступами и $n_2/n_1 \neq m$ – с винтовыми выступами. Центр C окружности, ограничивающей режущую кромку круглого резца 2, вращаясь совместно с осью 4, движется по окружности радиусом, равным e , вследствие чего точка A режущей кромки, формирующей обработанную поверхность, совершает гармоническое

движение O_3 перпендикулярно оси вращения заготовки с амплитудой, равной h , при неизменном по направлению вращения B_2 . В результате сочетания движений B_1 и O_3 формируется некруглый профиль обработанной поверхности с равномерно расположенными по окружности выступами высотой $h=2e$.

Благодаря установке резца 2 на оси 3 с возможностью свободного вращения вокруг своей геометрической оси, скорость результирующего движения резания определяется преимущественно частотой вращения заготовки. Это позволяет по сравнению с известной схемой ротационного точения некруглых цилиндрических поверхностей [2] при заданной скорости резания увеличить частоту вращения заготовки и, следовательно, технологическую производительность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимченко, А. И. Процессы формообразования профильных поверхностей изделий с равноосным контуром : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.08 / А. И. Тимченко // Моск. гос. технологич. ун-т «Станкин». – М., 1993. – 41 с.
2. Данилов, В.А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резанием / В.А. Данилов. – Мн.: Наука и техника, 1995. – 264 с.
3. Данилов, В.А. Анализ и реализация схем формообразования поверхностей с синусоидальным профилем / В.А. Данилов, А.И. Костюченко, А.Н. Селицкий // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2008. – № 2. – С. 30–37.
4. Способ обработки некруглых деталей с равномерно расположенными по окружности выступами: Евразийский патент № 034377 / А. А. Данилов, В. А. Данилов. – Опубл. 31.01.2020.